

MÁSTER EN CONDICIONANTES GENÉTICOS NUTRICIONALES Y

AMBIENTALES DEL CRECIMIENTO Y EL DESARROLLO

EVALUACIÓN DE LA FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA PODAL EN ADOLESCENTES DE SANTANDER

ALUMNO: ELENA MARTÍNEZ ORTIZ

TUTOR: MARÍA JOSE NORIEGA Y PEDRO DE RUFINO RIVAS

FACULTAD DE MEDICINA, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Curso 2011-12

Agradecimientos:

Quisiera agradecer a M^a José Noriega y a Pedro de Rufino la ayuda prestada, los consejos útiles y las correcciones oportunas. Pero sobre todo, les agradezco el apoyo en la “cojera” de los primeros pasos. Gracias.

A mi compañero Fran Amo, por el vínculo de trabajo e ideas, tan fluido como necesario.

A Teresa, por tener siempre la puerta abierta a las numerosas dudas que surgen en el proceso.

Índice:

Resumen:	4
Introducción:	5
La adolescencia	5
Crecimiento y desarrollo en el niño y adolescente	5
Condición física y fuerza muscular	8
Valoración de la fuerza	11
Justificación y objetivos del estudio:	13
Hipótesis de estudio:	14
Material y métodos:	15
Diseño.....	15
Material	15
Población de estudio.....	15
Muestra	15
Ámbito	15
Métodos:	16
Análisis estadístico:	19
Resultados:	20
Descripción de la muestra	20
Relación fuerza isométrica máxima-sexo.....	23
Relación fuerza isométrica máxima-edad	23
Relación fuerza isométrica máxima-IMC	24
Relación fuerza isométrica máxima-lateralidad	27
Relación fuerza isométrica máxima manual y podal.....	30
Discusión	32
Relación fuerza isométrica máxima manual y podal:	32
Valores de fuerza en relacion con otros estudios:	34
Fuerza muscular, edad y sexo:	35
Fuerza musuclar e IMC:	36
Fuerza muscular y lateralidad:	38
Conclusiones:	40
Anexo:	48

Resumen:

Como parte del crecimiento y el desarrollo corporal, la fuerza muscular cambia a lo largo de la adolescencia. Este parámetro se ve afectado por factores genéticos y de composición corporal, pero también por factores ambientales como son la nutrición y la actividad física. Con el objeto de evaluar la condición física, de describir patrones de crecimiento y de desarrollo o valorar su papel como indicador de salud, la fuerza muscular ha sido valorada en distintas poblaciones de niños, adolescentes y adultos.

El presente estudio tiene como objetivo analizar la relación existente entre la fuerza muscular manual y podal con variables de sexo, edad, Índice de masa corporal (IMC) y lateralidad en una población de adolescentes. También es objeto de análisis, la relación existente entre la fuerza muscular del tren superior e inferior en la muestra de estudio.

Los resultados coinciden con los obtenidos en estudios publicados con anterioridad en poblaciones similares.

Se ha encontrado un importante impacto del género y la edad en el desarrollo de fuerza muscular manual y podal. Ambas variables se correlacionan de forma positiva y mediante una dependencia lineal con la fuerza. El grado de asociación entre estas variables es diferente para hombres y mujeres.

El IMC mantiene una asociación significativa con el desarrollo de fuerza muscular; aunque no ha sido posible encontrar diferencias significativas entre categorías de peso consecutivas. Además, se ha concluido que la fuerza manual y podal, están correlacionadas e influenciadas por la lateralidad de los sujetos.

Introducción:

La adolescencia:

La adolescencia es una etapa crítica del ser humano en la que tiene lugar una serie de profundos cambios que afectan al individuo y modifican tanto su organismo como su adaptación social. Ha sido definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como la etapa que abarca toda la segunda década de la vida, de los 10 años a los 19 años considerando en ella dos fases: la adolescencia temprana (10 a 14 años) y la adolescencia tardía (15 a 19 años) (Organización Panamericana de la Salud/OMS, 1995)¹. Sin embargo, la cronología de la maduración no se ciñe a límites tan discretos, sino que presenta una cierta variabilidad interindividual.

Durante esta etapa, tiene lugar un proceso de crecimiento y maduración biológica bajo el control genético que se denomina pubertad, y que conlleva una adaptación psicosocial del individuo. Este proceso está regulado por el eje hipotalámico-hipofisario-gonadal e incluye una serie de cambios neurohormonales que dan lugar a una nueva geografía corporal².

Aunque sujetos a determinadas características individuales, los cambios aparecen de forma progresiva a lo largo de la adolescencia. Así, en base a las características etarias y de escolarización algunos autores³ han establecido tres etapas en ella frente a las dos fases comentadas anteriormente:

1. Adolescencia temprana de los 10 a los 13 años de edad.
2. Adolescencia media, de los 14 a los 16 años, edad en la que finaliza el desarrollo sexual.
3. Adolescencia tardía, de los 17 a los 19 años finaliza el desarrollo y se completa la etapa madurativa.

Crecimiento y desarrollo en el niño y adolescente:

El crecimiento iniciado en la etapa prenatal, continúa en la adolescencia mediante el aumento, tanto en el número de células (hiperplasia) como en el tamaño de las mismas (hipertrofia). Mediante estos mecanismos, se incrementa el volumen del organismo infantil hasta adquirir las características del adulto. De forma simultánea, aunque no paralela, tiene lugar el fenómeno del desarrollo a través del cual el sujeto adquiere la

capacidad de diferenciación celular en los respectivos órganos⁴. Ambos procesos, crecimiento y desarrollo, son parte del proceso de maduración morfológica del individuo.

La valoración del crecimiento es un indicador fundamental de la salud infantil. Por ello, la evaluación y la monitorización de la velocidad, el ritmo y la cronología de crecimiento durante el desarrollo del niño, es una herramienta imprescindible en pediatría.

Los estudios que se han llevado a cabo permiten extraer datos y conclusiones sobre el desarrollo infantil y los agentes externos que puedan estar actuando sobre él, siendo el peso, la talla y el IMC los parámetros más utilizados para valorarlo. La evolución de cada parámetro es individual y depende de factores genéticos, ambientales y de la respuesta de cada individuo a factores o estímulos externos. De todos ellos, el patrón genético y la nutrición son los que más influencia tienen en ausencia de procesos patológicos⁵⁻⁶.

La necesidad de disponer de patrones de crecimiento que sirvan como indicadores clínicos y demográficos, ha llevado al desarrollo de estudios transversales y longitudinales a nivel comunitario y nacional. A su vez, la OMS, ha desarrollado en los últimos años, unos estándares de referencia⁸ mediante los datos recogidos en seis países. Sin embargo, los estudios^{5-6,8-11} llevados a cabo en España han dejado entrever diferencias entre la población española y la muestra estudiada por la OMS. Esto se debe en parte a la metodología y a los criterios de inclusión de la OMS, pero también a las diferentes características de la población española y a los cambios que ha experimentado en los últimos años.

Los estudios desarrollados en España, evidencian una importante aceleración secular de la talla y el peso en los últimos veinte años. Muestran además, una aceleración en la edad de inicio de brote puberal, situándose en 8-9 años en el caso de las niñas y 10-11 en el de los niños. En esta etapa se evidencia el dimorfismo sexual que comienza en la semana 30 de gestación y es ya acusado en etapas tempranas del periodo postnatal. Así, las niñas, en términos generales, presentan un crecimiento más temprano y gradual y los niños sufren una etapa de mayor aceleración.

El crecimiento óseo tiene lugar de forma continua pero presenta etapas de aceleración y otras de desaceleración. Entre las primeras, se encuentra el periodo que tiene lugar

desde el segundo trimestre de vida intrauterina hasta los cuatro años de vida y también durante el desarrollo puberal⁵⁻⁶.

De los estudios actuales sobre el crecimiento y desarrollo del niño y adolescente, se desprende una aceleración secular del IMC a partir del P₇₅. En esta línea, el incremento que se ha producido en la talla es más marcado en el sexo femenino. Además, los valores de peso han sufrido un mayor incremento que los de la talla en ambos sexos, confirmando así la tendencia de sobrepeso y obesidad infantil incrementada en España⁵.

Con todo esto, se sabe que la edad de comienzo del desarrollo puberal y las distintas etapas madurativas que atraviesan, juegan un papel importante en el ritmo de crecimiento de los adolescentes. En cuanto a la edad de comienzo^{5-6,11}, aquellos sujetos que sufren un desarrollo puberal temprano presentan una talla inicial menor; este hecho, se compensa con una velocidad rápida de crecimiento en la etapa puberal, siendo la talla adulta similar a aquellos con un desarrollo puberal normal. En estos procesos, además de la herencia genética y la nutrición, hay más factores que determinan el crecimiento y desarrollo del niño y adolescente, como es la actividad física que actúa aumentando la densidad ósea¹⁰⁻¹⁴.

En la última fase del crecimiento, como parte y a consecuencia de la pubertad, el desarrollo se relaciona con cambios en la composición corporal. Estos cambios, son responsables de diferencias notables entre los hombres y las mujeres, en particular a nivel del sistema muscular, la grasa corporal y el volumen de líquido corporal.

La cantidad de tejido adiposo se mantiene estable hasta la adolescencia, con un aumento en el número de células de forma paralela al crecimiento. Al inicio de la pubertad, se produce una disminución de la masa grasa respecto a la masa magra en ambos sexos. En las adolescentes sin embargo, este proceso continúa con un incremento de la adiposidad en conjunción con otros cambios puberales. En los varones al contrario, se produce un aumento progresivo del contenido de agua total y de la masa muscular^{2,4}.

La composición corporal y los niveles de adiposidad presentes en la etapa de la adolescencia son objeto de interés en el ámbito sanitario. Por ello, se ha investigado¹⁵⁻¹⁶ en niños cuál de los instrumentos de medida refleja mejor los cambios en la composición corporal; así como su relación con la etapa de maduración sexual, la talla, el peso, la constitución ósea y otras variables ambientales como la actividad física, la nutrición y aspectos culturales. También son objeto de interés, las diferencias entre el

género masculino y el femenino y la asociación de la composición corporal con diversas patologías¹⁷⁻¹⁹.

En relación al compartimento magro, desde el nacimiento y durante el desarrollo corporal se produce un aumento gradual de la masa muscular; pero coincidiendo con cambios en los niveles hormonales, es en la adolescencia donde tiene lugar el mayor incremento. Se considera que en términos generales, este compartimento corporal es mayor siempre en los hombres que en las mujeres. Sin embargo, en la pubertad estas diferencias se incrementan más debido a la aceleración en la ganancia de masa magra que experimentan los varones. Al final de ésta, ambos son predominantemente magros pero con características de distribución de los compartimentos corporales diferentes y con cierta variabilidad interindividual. Así, este aumento está supeditado tanto a características de la fibra misma como del propio tejido muscular, pero también a otros aspectos individuales y ambientales como el estado nutricional y la actividad física. Además, los niveles hormonales son en gran parte responsables del mayor aumento de masa muscular en hombres y de adiposidad en mujeres y por tanto del dimorfismo sexual^{2,4,12}.

Condición física y fuerza muscular:

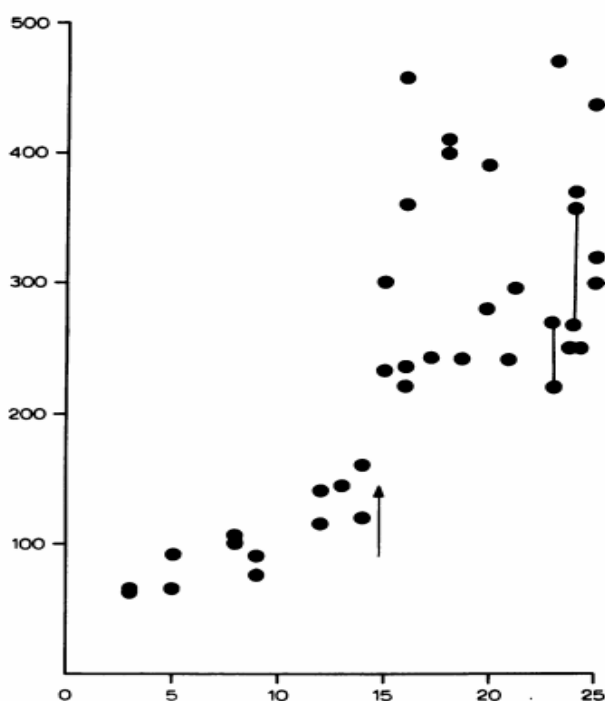
El crecimiento adecuado del individuo, así como un correcto desarrollo que determine una composición corporal concreta perfilan la condición física del adolescente, cambiante en esta etapa y altamente influida por factores externos como la actividad física y la nutrición.

Como parte de las capacidades de la masa muscular del individuo, de su condición física y del estado de salud, la fuerza muscular ha sido definida por la mecánica, como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo. Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse; es algo interno (fuerza interna), que puede tener relación con un objeto (resistencia) externo o no. Como resultado de esta interacción entre fuerzas internas y externas surge un tercer concepto y valor de fuerza, que es la fuerza aplicada. La fuerza aplicada es el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas²⁰ (González-Badillo, 1995).

Durante el crecimiento, la fuerza aumenta de forma parecida a como lo hacen el peso y la talla y específicamente, en proporción directa al incremento de la masa muscular. Este incremento se debe a que las fibras musculares crecen tanto en longitud como en diámetro. Debido a esta relación entre crecimiento y fuerza muscular, en la evaluación de ésta, la edad es un importante factor a tener en cuenta.

El aumento de la fuerza es gradual hasta la pubertad donde los chicos experimentan una importante ganancia de fuerza durante un periodo corto de tiempo y posteriormente, un incremento más pausado hasta los 19-20 años²¹⁻²².

Figura 1. Fuerza isométrica máxima en 32 hombres de 3-25 años.



McComan²³ distingue dos fases de ganancia de la fuerza muscular, una hasta los 14 años en la que establecen una relación lineal con la edad y otra en los dos años siguientes en los que la ganancia aumenta considerablemente.

En las adolescentes no existe esta aceleración tan pronunciada que tiene lugar en los hombres. Así, las mujeres sufren un incremento gradual que finaliza a una edad más temprana que

en el caso de los hombres. Estas circunstancias dan lugar a un mayor dimorfismo sexual que en la etapa de preadolescencia.

El pico de fuerza muscular se alcanza en promedio a los 20 años en las mujeres y entre los 20 y los 30 en los hombres. Aunque de forma general se acepta esta superioridad de los valores de fuerza absoluta de los hombres frente a las mujeres, las diferencias se reducen si se considera la fuerza en función del peso, y más aún, si sólo se tiene en cuenta el componente magro^{22,24}. Debido a que no existen diferencias en cuanto a calidad y eficacia contráctil del músculo, las existentes se atribuyen a factores hormonales, de composición corporal y a diferencias socioeducativas^{21-22,24-26}.

En la adquisición de fuerza, como parte de las capacidades del individuo, intervienen factores hormonales, factores neurológicos, influencias genéticas, tamaño muscular, características contráctiles y tipo de fibra, la etapa de maduración en la que se encuentre el individuo, la actividad física que realiza y otros factores ambientales^{21-22,27-28}. Así, el estado nutricional y la actividad física constituyen las variables con mayor control por parte del individuo. Ésta última influye de forma determinante en el mayor o menor desarrollo y volumen muscular. Sin embargo, el entrenamiento de fuerza en adolescentes parece estar más relacionado con la activación neuromuscular y con la mejora en la coordinación que con la hipertrofia muscular, más característica del adulto²⁹.

Los efectos del entrenamiento de la fuerza muscular en el niño han sido estudiados en base a su efecto sobre el crecimiento, el riesgo de lesión, los posibles beneficios que ejerce sobre el desarrollo del niño y como indicador de salud.

En la actualidad, se está viendo como enfermedades antes consideradas del adulto, como la diabetes mellitus, la obesidad o la hipertensión arterial, están apareciendo con mayor frecuencia en etapas más precoces. Debido a la relación de estas enfermedades con los hábitos de vida, se ha investigado el papel de la condición física del niño y el adolescente como indicador de salud, indicador sociodemográfico y como factor de riesgo. Han surgido numerosos estudios que evalúan su efectividad como instrumento de salud y su capacidad para descubrir hábitos y patrones de una población^{17,18, 30-34}.

La fuerza es junto con la resistencia cardiorrespiratoria, la resistencia muscular, la velocidad y la flexibilidad uno de los componentes de la condición física. Ésta ha sido definida, como la capacidad de realizar las tareas diarias con vigor y control, sin fatiga indebida y con energía suficiente para disfrutar de las actividades del tiempo libre u ocio y poder tener una reserva funcional adecuada para situaciones extraordinarias³⁵ (Legido Arce, 1995).

Como parte integrante de la condición física, la valoración de la fuerza puede servir para describir patrones y hábitos o como indicador sanitario y sociodemográfico. En relación a esto, la fuerza se ha correlacionado de forma inversa con el colesterol total, con las lipoproteínas de baja densidad y el índice lipídico-metabólico^{34,36}.

Valoración de la fuerza:

El resultado de medir la fuerza de un músculo o grupo de músculos depende de muchas variables como el tipo de test que se lleve a cabo, de la posición, del tiempo de medición, etc. Debe buscarse la relación entre el tipo de test y el rendimiento específico que se espera obtener para que los datos sean representativos del tipo de fuerza y de la población, sobre la cual, queremos obtener información.

Cuando se mide la fuerza muscular existen varios test diseñados para medir distintos tipos de fuerza como la fuerza absoluta, la fuerza máxima, fuerza máxima dinámica, la fuerza explosiva, la fuerza límite, etc. Dentro de ellas, es frecuente, especialmente en población de deportistas, medir la fuerza máxima mediante una medición isométrica, consistente en realizar una activación muscular voluntaria máxima contra una resistencia insalvable (González-Badillo, 1995)³⁷⁻³⁹.

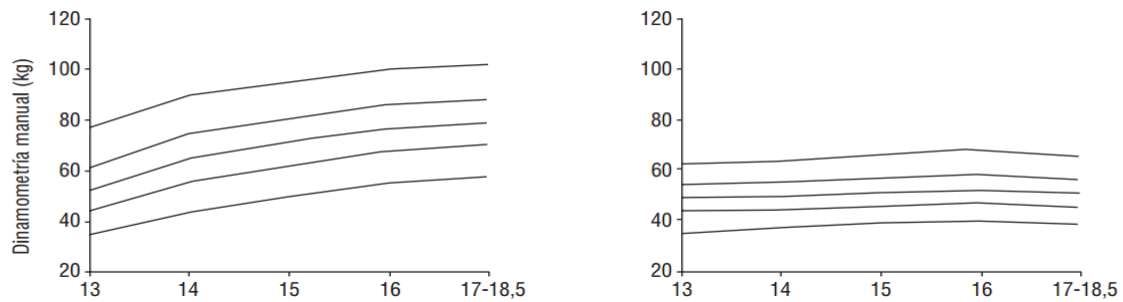
Las mediciones isométricas presentan buena fiabilidad y una buena correlación con el rendimiento en régimen estático⁴⁰. Un buen indicador de la fuerza máxima es el valor de la fuerza isométrica máxima, que es una herramienta frecuentemente utilizada cuando se quiere evaluar la fuerza estática. Para medir la fuerza estática se pueden utilizar dinamómetros, tensiómetros de cable y celdillas de carga³⁷⁻³⁹.

El uso de la dinamometría para medir la fuerza muscular ha sido utilizado en diferentes poblaciones, estando especialmente extendido en poblaciones de deportistas⁴¹, y sujetos con situaciones patológicas en los que se pretende valorar la funcionalidad muscular⁴²⁻⁴⁴ o como factor predictor⁴⁵. También es medida dentro de test de valoración de la condición física como la Bateria Eurofit, el Afisal-Inefec o la batería ALPHA-Fitness⁴⁶⁻⁴⁸. Los valores de fuerza recogidos en España^{17,49} son similares a los publicados en otros países para los mismos grupos de edad y sexo⁵⁰⁻⁵².

En España, la fuerza isométrica máxima ha sido evaluada en el tren superior, mientras que para la valoración de la fuerza en el tren inferior suele medirse la fuerza explosiva mediante distintas pruebas como el salto de longitud. Uno de los estudios más importantes sobre la condición física que ha incluido esta medida ha sido el estudio Avena¹⁷.

Este estudio ha encontrado una correlación entre sexo, edad y fuerza manual en una muestra de adolescentes españoles y sus resultados coinciden con los encontrados en estudios similares en otros países⁴⁶⁻⁴⁸.

Figura 2. Fuerza isométrica máxima manual de los hombres y mujeres. Estudio Avena (2005).



A partir de su publicación, se han desarrollado estándares sobre las mediciones a llevar a cabo para evaluar la condición física y los resultados extraídos suponen valores de referencia para futuros estudios. Sin embargo, los últimos estudios de dinamometría en población adolescente en España son de 2009⁴⁵, y éstos sólo incluyen dinamometría manual. Aunque en otros países si se ha medido la fuerza isométrica máxima de grupos musculares del tren inferior⁴⁶, los estudios aún son escasos.

Justificación y objetivos del estudio:

En el contexto actual, el análisis de la condición física de los adolescentes se erige como un instrumento más de salud. Supone además una herramienta para conocer los patrones físicos de los adolescentes y su relación con variables ambientales. Las conclusiones que se extraigan de estos análisis sientan las bases de futuros estudios que incluyan protocolos estandarizados y permitan obtener resultados comparables. La fuerza muscular, como parte de la condición física ha sido evaluada en diferentes poblaciones. Así mismo, su estudio en la evaluación del rendimiento físico se extiende en poblaciones de deportistas. Sin embargo, los estudios sobre su desarrollo en la adolescencia y su relación con diversas variables aún son escasos en la población española. El estudio de la relación de la fuerza de los grupos musculares de los miembros superiores e inferiores y su relación con distintas variables como edad, sexo o IMC, podría ayudar a describir patrones de crecimiento y desarrollo de la población infantil.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la fuerza isométrica máxima manual y podal de una muestra de adolescentes escolarizados de la ciudad de Santander.

Se pretende obtener conclusiones sobre la relación entre la fuerza del tren superior e inferior.

Otro objetivo, es evaluar el impacto de las variables de género, edad, IMC y lateralidad sobre la fuerza muscular durante el crecimiento y el desarrollo.

Hipótesis de estudio:

La fuerza muscular es mayor en hombres que en mujeres y aumenta con la edad en ambos sexos. La relación entre el IMC y la fuerza no es la misma en hombres y en mujeres debido a diversos factores; entre los que se encuentran, las diferencias de composición corporal que presentan. En el sexo femenino el aumento del IMC va unido a una disminución de la fuerza, manteniendo una relación inversa para todos los grupos de edad. Mientras, en los hombres el IMC mantiene una correlación más directa con la fuerza.

Existe una asociación directa entre la fuerza en el tren superior y el inferior para ambos sexos.

No existen diferencias significativas en los valores de fuerza manual y podal entre diestros y zurdos. En estos dos grupos, no existen diferencias significativas en la relación de dominancia.

Material y métodos:

Diseño:

Se trata de un estudio observacional de corte transversal realizado sobre una muestra de una población de adolescentes de Santander.

Material:

Población de estudio: Adolescentes escolarizados de Educación Secundaria Obligatoria y Primero de Bachiller de la ciudad de Santander.

Muestra: Adolescentes escolarizados de tres Institutos de Educación Secundaria de Santander con edades comprendidas entre los 12 y los 19 años.

Los colegios participantes fueron: IES Peñacastillo, IES Augusto Linares e IES Cantabria. Se recogieron datos de 473 alumnos; de los cuales no se completaron los datos de 5 alumnos, con lo que la muestra final fue de 468.

Ámbito: Las muestras fueron recogidas de forma consecutiva en cada uno de los colegios elegidos. La situación de los centros era la siguiente.

- IES Cantabria: Ciudad de Santander
- IES Augusto Linares: Peñacastillo (localidad del municipio de Santander)
- IES Peñacastillo: Peñacastillo (localidad del municipio de Santander).

Para la recogida de datos y medidas antropométricas se habilitaba una sala con espacio suficiente que en todos los casos pertenecía al aula de la asignatura de Actividad Física. Todas las sesiones fueron llevadas a cabo en horario de esta asignatura con el consentimiento del profesor responsable. Los alumnos pasaban consecutivamente de forma que cada evaluador valoraba a un sujeto.

Material para la toma de medidas:

- Tallímetro: Leicester (SMSSE-0260)
- Báscula: SECA (869)
- Dinamómetro manual: Takei (5401)
- Dinamómetro podal: TKK-5402
- Cooxímetro.

Métodos:

En los IES seleccionados, se informó de forma previa a todos los alumnos en qué consistía el estudio, los objetivos y el protocolo que se llevaría a cabo, solicitando su participación de forma anónima y asegurando la protección de los datos.

Es un estudio aprobado y financiado por la Universidad de Cantabria y desarrollado en la Comunidad de Cantabria.

El trabajo de campo se desarrolló en los meses de Abril de y Mayo de 2012, ambos inclusive.

La información fue recogida por tres alumnos del “Máster de Condicionantes Genéticos, Nutricionales y Ambientales del Crecimiento y el Desarrollo” pertenecientes a la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria. Los tres alumnos recibieron formación sobre el protocolo de recogida de datos y la toma de medidas, de forma que el proceso fuera estandarizado y permitiera obtener datos representativos y comparables.

Para ello, fue diseñado un informe de recogida de datos que contenía la siguiente información a obtener de los alumnos participantes. Cada evaluador recogía todos los datos de un alumno, completando el proceso de medidas para cada sujeto.

- Datos: Fecha de recogida de datos, IES donde se realizaba el protocolo.
- Datos personales:
 - Fecha de nacimiento.
 - Sexo.
 - Curso: 1, 2, 3 E.S.O o 1º Bachiller.
 - Lateralidad: Diestro, Zurdo, Ambidiestro.
 - Número de suspensos. Los resultados no se han incluido en el estudio.
 - Además, se preguntó a los alumnos sobre el hábito de fumar. Esta información no se ha tenido en cuenta para el análisis estadístico.
- Medidas: Se tomaron las siguientes medidas antropométricas:
 - Peso: Expresado en Kg, con un decimal. Se realizaron dos medidas no consecutivas para cada individuo dentro del mismo proceso, alternando con la medida de la talla para asegurar la exactitud de los datos.

El sujeto se colocó en posición antropométrica (de pie, con los brazos extendidos a lo largo del cuerpo y las palmas pegadas a los muslos) en el centro de la báscula.

- Talla: Expresado en cm, con un decimal. Se realizaron dos medidas no consecutivas para cada individuo dentro del mismo proceso, alternando con la medida del peso para asegurar la exactitud de los datos.

El sujeto se situaba en el tallímetro de pie, en posición anatómica con los talones juntos, los glúteos, la espalda y región occipital de la cabeza en contacto con el instrumento de medida. Los evaluadores corregían la posición e instaban a los sujetos a mirar al frente para que la medida fuese correcta.

- IMC o Índice de Quetelet: Calculado a partir del peso y la talla.
- Dinamometría manual: Expresado en KgF o Kg de Fuerza. Permite obtener datos sobre la fuerza muscular del tren superior.

Se explicó previamente a cada sujeto como debía situarse y el ejercicio a realizar para obtener los datos. El dinamómetro manual posee una manija ajustable que se adapta al tamaño de la mano y mide la fuerza entre 0 y 100 Kg (Kg) con incrementos de 1 Kg. Se ajustaba el tamaño de la manija según el tamaño de la mano del sujeto medida previamente en la escala milimetrada. Para esta medida se extendía la mano en la escala y se anotaba la medida que indicaba la amplitud de la mano. Después de ajustar el dinamómetro, se indicaba al sujeto que mantuviera la posición erguida con el brazo recto, extendido al lado del cuerpo. El sujeto debía comprimir el dinamómetro con la máxima fuerza posible mediante una contracción máxima breve y sin realizar movimientos corporales adicionales. Se realizaron tres pruebas con cada mano, alternando entre los brazos y asegurando un minuto de descanso.

- Dinamometría podal: Expresado en KgF o Kg de Fuerza. Permite obtener datos sobre la fuerza muscular del tren inferior. Se indicaba a cada alumno la postura que debía tomar y el ejercicio a realizar. Se ajustó el dinamómetro a la altura de cada sujeto.

Se explicaba previamente a cada sujeto la posición correcta y el ejercicio a realizar para la recogida de datos. Se indicaba la situación en la plataforma

con el tronco erguido y las rodillas flexionadas en un ángulo de 130 y 140°. A su vez se describía el movimiento a realizar consistente en desplazar la barra que se sostiene entre las manos hasta quedar contra los muslos mediante la modificación de la longitud de la cadera. Se realizaron 3 pruebas con un minuto de descanso en cada una. El dinamómetro podal contiene una escala que mide la fuerza entre 0 y 1.125 Kg (2.500 lb) con incrementos de 4,5 Kg (10 libras).

Figura 3. Dinamómetros para medir la fuerza isométrica máxima manual y podal.



Análisis estadístico:

La informatización de los datos recogidos y la creación de una base de datos nueva ha sido realizada por los mismos evaluadores que recogieron los datos de los sujetos. Se creo una base general con todas las variables a analizar en la que se incluyo el IMC y la suma de las fuerzas.

Se utilizo el programa Spss 19.0 para llevar a cabo el análisis estadístico.

Se realizaron pruebas de normalidad para todas las variables cuantitativas mediante el test de Shapiro-Wilk. Ninguna de las variables cuantitativas seguía una distribución normal por lo que se llevaron a cabo pruebas no paramétricas cuando se comparaban con una variable categórica. En este caso, cuando se comparaban categorías, algunas variables seguían una distribución normal una vez segmentada la población o ajustada por edad, sexo o IMC. En esos casos, se utilizó el análisis de ANOVA y el test de Bonferroni.

Para comparar dos variables cuantitativas se llevaron a cabo análisis de correlación y regresión lineal utilizando el coeficiente de Spearman dada la no-normalidad de las variables.

Se ha utilizado como nivel de significación $p < 0,05$ y se ha trabajado con un intervalo de confianza del 95%.

Resultados:

Descripción de la muestra

La muestra final está formada por 468 adolescentes, 255 hombres y 213 mujeres, con edades comprendidas entre los 12 y los 19 años.

Las variables de edad, IMC y fuerza manual y podal fueron analizadas para comprobar si seguían una distribución normal para hombres y mujeres. En ninguno de los casos el test de Shapiro-Wilk confirmó la normalidad de las variables mediante el contraste de hipótesis ($p < 0,05$). Ninguna de las variables sigue una distribución normal en las categorías de sexo cuando la muestra es segmenta. Las variables de fuerza si seguían una distribución normal cuando la población se segmenta en grupos de edad y sexo.

En base a estas consideraciones se ha descrito la población mediante la $Me \pm IQR$ o $Media \pm De$ según la variable y las categorías en la que esté segmentada la población (tabla 1 y 2). Así, la edad y el IMC aparecen representados como Mediana \pm IQR y las variables de fuerza para cada uno de los grupos de edad y sexo como Media \pm DE

Tabla 1. Distribución de la muestra por sexo.

Sexo	Frecuencia	Porcentaje	Me \pm IQR
Hombres	255	54,5	14 \pm 3
Mujeres	213	45,5	15 \pm 3
Total	468	100	15 \pm 3

Tabla 2. Descripción de la muestra por IMC y fuerza isométrica máxima en hombres.

Grupos de edad y sexo		N	IMC	DMD	DMI	SumaD	D.Podal
Hombres							
	12	37	18,94 \pm 3,81	24,22 \pm 6,62	22,98 \pm 4,28	47,2 \pm 8,70	64,02 \pm 13,28
	13	51	19,88 \pm 4,11	27,69 \pm 6,14	25,41 \pm 6,46	53,1 \pm 12,33	74,6 \pm 19,13
	14	43	21,12 \pm 4,81	33,4 \pm 7	32 \pm 7,46	65,41 \pm 14,17	90,57 \pm 25,19
	15	42	22,69 \pm 5,85	35,91 \pm 7,38	34,16 \pm 7,26	70,07 \pm 14,26	95,34 \pm 24,12
	16	51	21,30 \pm 3,78	38,04 \pm 6,85	35,48 \pm 6,16	73,52 \pm 12,51	102,98 \pm 23,27
	$\geq 17^*$	31	21,71 \pm 4,82	39,84 \pm 9,1	38,21 \pm 8,13	78,05 \pm 16,48	104,74 \pm 26,64
	Tot	255	21,02 \pm 4,72	33,05 \pm 8,69	31,15 \pm 8,46	64,20 \pm 16,83	88,51 \pm 26,37

Evaluación de la fuerza isométrica máxima podal en adolescentes de Santander

Tabla 3. Descripción de la muestra por IMC y fuerza isométrica máxima en mujeres.

Grupos de edad y sexo		N	IMC	DMD	DMI	Suma.D.	D.Podal
Mujeres							
	12	30	20,04±4,71	23,16±3,36	21,43±3,23	44,59±6,28	54,05±12,46
	13	41	20,63±3,70	24,52±4,22	22,79±4	47,31±8,05	57,08±10,98
	14	31	22,22±3,51	24,91±4,04	23,35±4,21	48,24±7,84	58,26±14,21
	15	37	20,89±5	25,68±3,85	23,9±3,03	49,57±6,37	56,43±14,86
	16	45	22,37±4,84	26,19±3,67	24,25±3,95	50,44±6,84	58±15,27
	≥17*	29	21±3,19	24,77±3,39	22,97±3,99	47,73±6,95	51,22±12,83
	Tot	213	21,04±4,35	24,97±3,87	23,2±3,83	48,18±7,26	56,11±13,63

*Debido al reducido tamaño muestral de los grupos que conformaban los adolescentes de 17, 18 y 19 años, éstos fueron aunados en uno sólo con el objeto de facilitar los análisis estadísticos.

Con el objeto de facilitar el análisis y que los resultados sean comparables con otros estudios los adolescentes fueron categorizados en cuatro grupos en base a su IMC: Bajo peso, Normopeso, Sobrepeso y Obesidad (Criterios de Cole^{53,54}). (Tabla 3)

Tabla 3. Distribución de hombres y mujeres en base a su IMC

	Frecuencia	Porcentaje
Mujeres		
Bajo peso	8	3,8
Normopeso	152	71,4
Sobrepeso	43	20,2
Obesidad	10	4,7
Hombres		
Bajo peso	20	7,8
Normopeso	165	64,7
Sobrepeso	57	22,4
Obesidad	13	5,1
Total		
Bajo peso	28	6
Normopeso	317	67,7
Sobrepeso	100	21,4
Obesidad	23	4,9

Evaluación de la fuerza isométrica máxima podal en adolescentes de Santander

En las tablas 4 y 5 se muestran los resultados en percentiles para la dinamometría manual y la podal en la muestra evaluada, clasificados por edad y sexo.

Tabla 4. Valores de la dinamometría manual. Suma de la fuerza isométrica de ambas manos.

	P ₁₀	P ₂₀	P ₃₀	P ₄₀	P ₅₀	P ₆₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₁₀₀
Mujeres										
12	38,77	39,74	40,86	42,54	43,5	44,06	47,89	50,48	52,49	60,00
13	37,36	39,78	42,54	44,78	46,80	49,64	52,08	53,96	56,44	64,9
14	39,36	41,2	44,66	48,2	48,8	49,9	51,7	54,14	57,52	67,2
15	40,66	43,7	46,58	48,16	49,2	51,18	52,18	54,74	57,66	64,3
16	40,58	45,52	47,46	48,3	49,5	51,82	53,48	55,6	60,64	70,1
≥17	39,5	40,6	43,2	45,7	46,3	49,6	50,9	52,5	59,0	61,8
Hombres										
12	37,22	40,26	41,32	42,80	46,2	48,14	50,56	54,6	60,86	69
13	39,08	43,54	46,22	49,18	50,5	53,12	57,04	63,3	72,86	91,4
14	46,04	52,42	56,06	61,36	65,7	68,1	70,6	81,18	87,88	93,8
15	49,31	58,18	60,89	66,64	69,0	71,02	75,76	83,56	93,57	97,1
16	59,92	62,44	64,76	70,9	71,9	74,2	78,44	84,98	94,04	100,7
≥17	56,86	64,78	69,54	71,38	82,1	85,6	88,9	91,42	94,92	115,9

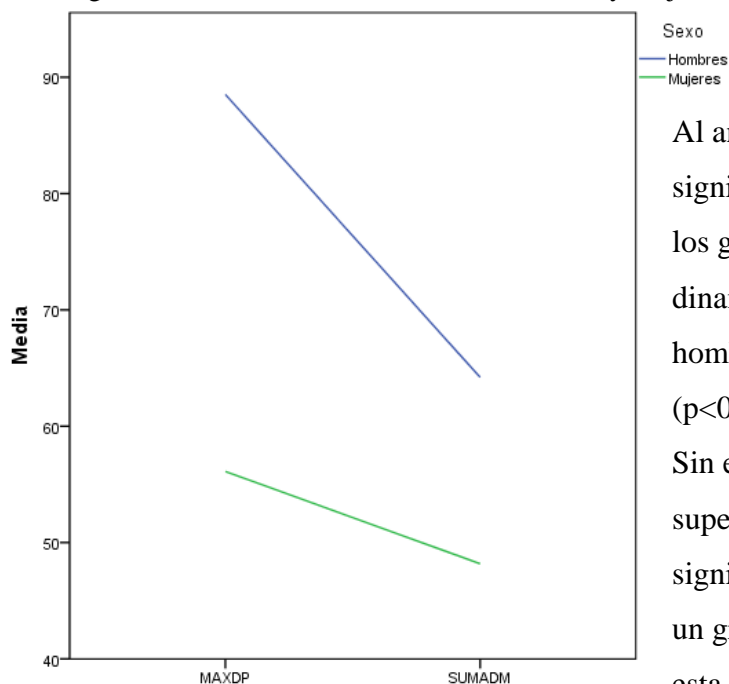
Tabla 5. Valores de la dinamometría podal. Fuerza isométrica máxima.

	P ₁₀	P ₂₀	P ₃₀	P ₄₀	P ₅₀	P ₆₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₁₀₀
Mujeres										
12	38,05	44,5	49,5	50,4	53,0	57,0	59,2	65,8	72,05	82,5
13	42,3	48,7	52,3	55,4	57	58,5	60,5	65,9	72	83,05
14	38,7	44,1	54,8	56,9	58	62,6	64,8	71	77,5	88,5
15	36,6	45,5	48	51,7	55,5	58,8	64,5	67,7	77,9	95,5
16	41,1	43,9	49	54,4	56,5	58,8	65,6	69,5	81,8	100,5
≥17	35,5	40	42,5	46	51,5	54,5	59	62,5	70	75
Hombres										
12	46,5	54,8	56,5	58,5	61,00	63,3	70,0	79,5	83,7	95,00
13	54,8	60,7	62,5	66,7	72,00	74,60	78,80	89,6	99,30	140,50
14	56,40	69,20	77,10	82,60	93,0	96,78	100,4	112,3	125,5	147,5
15	62,65	68,4	77,8	88,4	95,75	103,4	108,15	115,2	132,75	142,00
16	75,6	82,7	90,5	96,5	100,5	106,1	112,6	118	137,3	165
≥17	61,5	86,6	94,9	97,6	105	112	116,5	122,3	139,3	170,5

Relación fuerza isométrica máxima-sexo:

La diferencia en los valores de fuerza manual y podal entre hombres y mujeres son marcados en todos los grupos de edad. Se utilizó la prueba no paramétrica de U-Mann-Whitney para evaluar el grado de asociación entre las variables de fuerza y sexo. Los resultados reflejan la existencia de diferencias significativas entre los valores de fuerza para el sexo femenino y para el masculino ($p < 0,05$).

Figura 5. Diferencias de fuerza entre hombres y mujeres.



Al analizar estas diferencias significativas en cada uno de los grupos de edad se observa que en la dinamometría podal las diferencias entre hombres y mujeres son significativas ($p < 0,05$) en todos los grupos de edad. Sin embargo, en el caso del tren superior, estas diferencias se hacen significativas a partir de los 13 años con un grado de significación más bajo en esta edad que en el caso de la podal;

siendo en todos los demás casos altamente significativas para las dos variables de fuerza. (Figuras 6-7)

Relación fuerza isométrica máxima-edad:

Debido a la normalidad de las variables de fuerza en las categorías de edad, segmentada la población por edad y sexo se llevó a cabo en análisis de varianza ANOVA y el test de Bonferroni para comparar las categorías.

Los resultados de este análisis muestran que, en relación a la edad de los sujetos, en términos generales, la fuerza máxima isométrica manual y podal aumenta con la edad. Sin embargo, como ya se ha mencionado, el ritmo es diferente en hombres que en

mujeres, en las que el aumento no es tan regular ni marcado, y además presenta oscilaciones.

En hombres, el incremento de la fuerza con la edad es continuo. El contraste de hipótesis para evaluar la asociación entre la edad y la fuerza es altamente significativo. Los mayores incrementos (diferencias altamente significativas) se producen entre los 13 y los 14 años tanto para la fuerza manual como para la podal. Las menores diferencias de medias se encuentran entre los 15, 16 y 17 años (diferencias no significativas).

En las mujeres, el contraste de hipótesis señala una asociación significativa entre edad y fuerza manual, pero no así en el caso de la podal.

En el caso de la fuerza manual se produce un leve incremento de los 12-16 años y un descenso en el último grupo de edad, sin que las diferencias entre grupos consecutivos sean significativas.

La fuerza podal de las mujeres presenta oscilaciones, con grupos de edad en los que se produce incrementos y otros en los que se producen descensos sin que en ningún caso las diferencias sean significativas.

Figura 6. Relación edad-fuerza manual

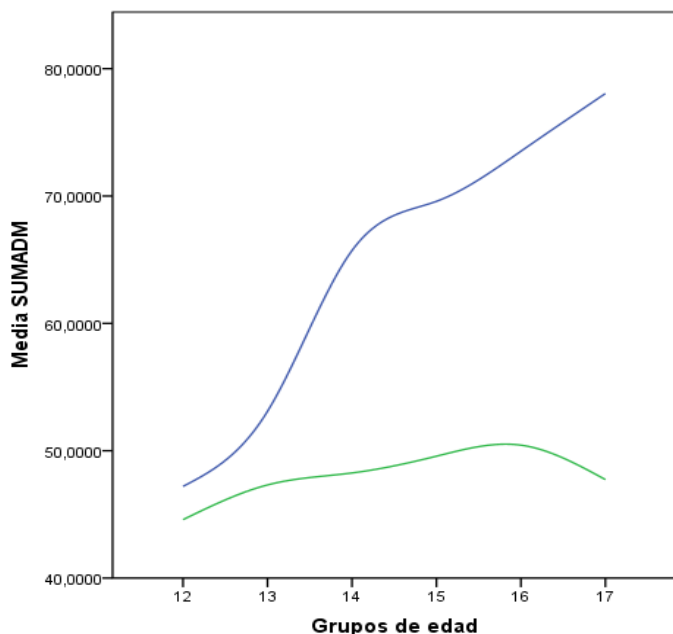
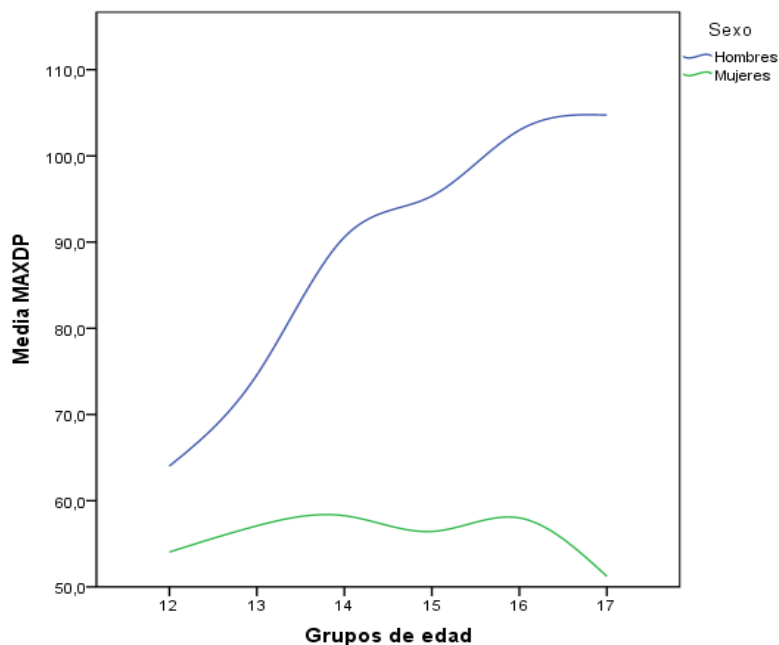


Figura 7. Relación edad-fuerza podal



Relación fuerza isométrica máxima-IMC:

El análisis de correlación y regresión lineal mostró diferencias entre hombres y mujeres. Así en hombres, existe una correlación directa moderada (altamente significativa) entre

la fuerza manual y podal. El análisis de regresión confirma la asociación lineal para las dos variables de fuerza y el IMC. Los resultados muestran que el IMC es responsable del 47, 3% de la variabilidad de los resultados de la dinamometría manual y del 36,1% de la podal ($p < 0,05$).

En cambio en mujeres, la correlación entre fuerza e IMC aunque directa y significativa es baja. El análisis de regresión confirma la dependencia lineal significativa entre el IMC y la fuerza manual con un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0,112$). El análisis de regresión para la fuerza podal confirma la ausencia de dependencia entre IMC y fuerza podal.

Se evaluó la evolución y la asociación de los valores de fuerza manual y podal en base a los estadios definidos para el IMC de los adolescentes, y las diferencias en esta evolución, en hombres y mujeres.

Las variables de fuerza manual y podal siguen una distribución normal en las categorías de IMC definidas por lo que se aplicó el análisis de varianza de ANOVA y el test de Bonferroni para estudiar las posibles asociaciones. En base a esta normalidad se ha descrito los valores de fuerza en las cuatro categorías mediante la media y la De.

Tabla4. Valores de Media y Desviación Estándar de la muestra, clasificada en categorías de IMC y sexo.

	Bajo peso	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
Hombres				
MaxDMD	X= 29,66 DE=7,5149	X= 32,26 DE= 8,6416	X= 35, 1439 De= 8,3271	X= 39,184615 De= 8, 591
MaxDMI	X=29,86 DE=8,9512	X= 30,1 DE= 8,1229	X= 33,10 De= 8,5243	X= 36, 7692 De= 8, 9748
SumaD	X=59,52 DE=16,3895	X= 62,4455 De= 16,4555	X= 68, 2491 De= 16, 4799	X= 75, 953846 De= 17, 0953
MaxDP	X=82,6 DE=26,55	X= 86, 742 De= 25,1040	X= 90, 684 De= 26,1110	X= 110, 615 De= 33, 9455
Mujeres				
MaxDMD	X= 21, 15 DE=3, 4176	X= 25, 0513 DE= 3,8099	X= 24, 7186 De= 3,2605	X= 27,93 De= 5,1968
MaxDMI	X=19,8 DE=3,2571	X= 23, 2769 DE= 3,7947	X= 23,0744 De= 3,5658	X= 25,38 De= 4,5126
SumaD	X=40,95 DE=6, 4053	X= 48,3282 De= 7,1705	X= 47,793 De= 6,2144	X=53,31 De= 9,5078
MaxDP	X=39, 875 DE=6, 5887	X= 57,046 De= 13,0976	X= 55,035 De= 12,2981	X= 59,5 De= 22,1873

En los hombres a medida que aumenta el IMC aumenta la fuerza manual y podal, mientras que en mujeres es así para el grupo de normopeso respecto al bajo peso y de los obesos respecto a normopeso y sobrepeso. Sin embargo, para ambas variables de fuerza, se produce un descenso entre el grupo de normopeso y sobrepeso (figuras 8-9).

Figura 8. Relación fuerza manual-IMC

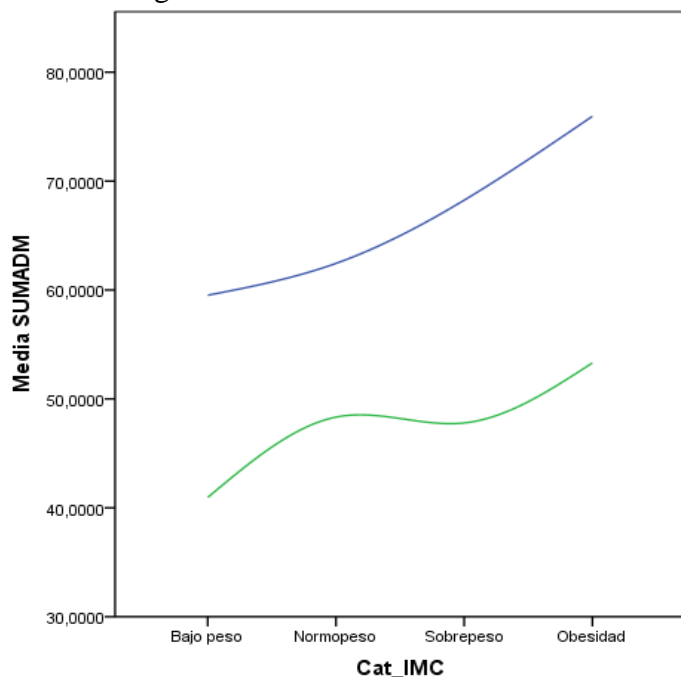
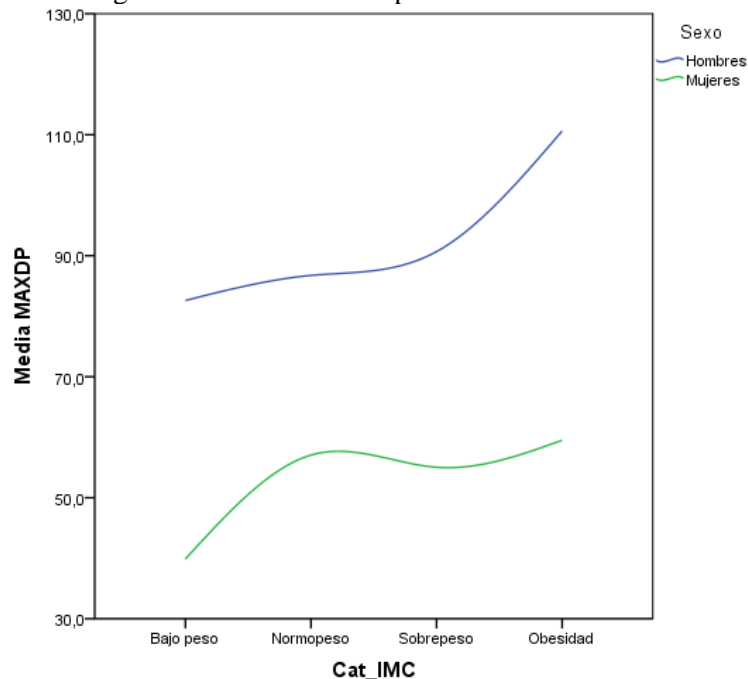


Figura 9. Relación fuerza podal-IMC



El análisis de ANOVA y el test de Bonferroni reflejó la existencia de diferencias significativas en los valores de fuerza manual y podal para las categorías de IMC, encontrando una asociación significativa ($p < 0,05$) entre ellas tanto en hombres como en mujeres.

En el sexo masculino, el análisis por categorías de Bonferroni, desveló que no existen diferencias significativas entre categorías consecutivas de IMC para ninguna de las variables de fuerza. Los incrementos en los valores de media de las fuerzas manual y podal entre categorías consecutivas no son significativos. En el caso de la dinamometría podal y en base a los resultados del análisis, se acepta la H_0 de que las medias de fuerza entre bajo peso, normopeso y sobrepeso son iguales, aunque significativas respecto al grupo de obesos.

En mujeres, el análisis por categorías muestra que las medias de los valores de fuerza entre los grupos de normopeso y sobrepeso son iguales. Sin embargo, y a diferencia de

lo que ocurría en hombres, en la dinamometría podal si existen diferencias significativas entre grupos consecutivos como muestra la tabla 5.

Tabla 5. Resultados test de Bonferroni Fuerza-Categorías de IMC.

	B.peso-Normop.	B.peso-Sobrep.	B.peso-Obesidad	Normop-Sobrepeso	Normop-Obesidad	Sobrep-Obesidad
Hombres						
Suma D	No dif.sig	No dif.sig	Dif.sig.	No dif.sig	Dif.sig.	No dif.sig
DP	Medias iguales	Medias iguales	Dif.sig.	Medias iguales	Dif.sig.	No dif.sig
Mujeres						
Suma D	Dif.sig.	No dif.sig	Dif.sig.	Medias iguales	No dif.sig	No dif.sig
DP	Dif.sig.	Dif.sig.	Dif.sig.	Medias iguales	Medias iguales	Medias iguales

Relación fuerza isométrica máxima-lateralidad:

Se analizó la normalidad de las variables de fuerza en las categorías de diestros y zurdos, asumiendo la normalidad de las cuatro variables después de realizar la prueba de Shapiro-Wilk ($p>0,05$).

En la tabla 6 aparecen reflejados los valores de fuerza del tren superior e inferior mediante la media y la DE para ambas categorías.

Tabla 6. Valores de media y DE de las variables de fuerza en Diestros y Zurdos.

	Diestros	Zurdos
Hombres		
MaxDMD	X=32, 7845 De= 8,7938	X= 34, 6618 De= 7, 9679
MaxDMI	X= 30, 4333 De= 8, 2293	X= 35, 8853 De= 8, 5888
SumaD	X= 63, 2178 De= 16,7670	X= 70, 547 De= 16, 1691
DPodal	X= 86, 883 De= 26, 0602	X= 98,279 De= 25, 5038
Mujeres		
MaxDMD	X= 25, 0243 De= 3, 8575	X= 23, 0285 De= 3, 8213
MaxDMI	X= 23, 0285 De= 3, 8213	X= 25, 1316 De= 3, 4971
SumaD	X= 48, 0528 De= 7,2861	X= 49, 7105 De= 7, 2861
DPodal	X= 56, 573 De= 13, 474	X= 53, 158 De= 13, 4082
TOTAL		
MaxDMD	X= 29, 1493 De= 7, 9373	X= 31, 0472 De= 8, 3652
MaxDMI	X= 26, 9646 De= 7, 5119	X= 32, 0302 De= 8, 8405
SumaD	X= 56, 1138 De= 15, 2093	X= 63, 0773 De= 16, 8875
DPodal	X= 72, 684 De= 25, 9684	X= 82, 104 De= 30, 8583

El grupo de zurdos presenta en términos generales mayores valores de fuerza que los diestros, siendo mayores las diferencias en los hombres que en las mujeres. Llama la atención el mayor valor de dinamometría podal obtenido en el grupo de los hombres zurdos que en los diestros.

En las figuras 10 y 11 se observa la relación de la fuerza manual y podal con la lateralidad en hombres y mujeres.

Figura 10. Relación fuerza manual y podal lateralidad en hombres

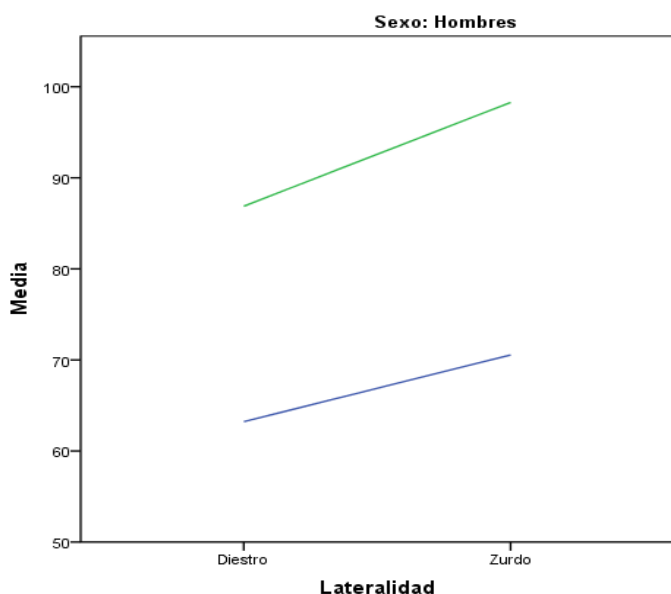
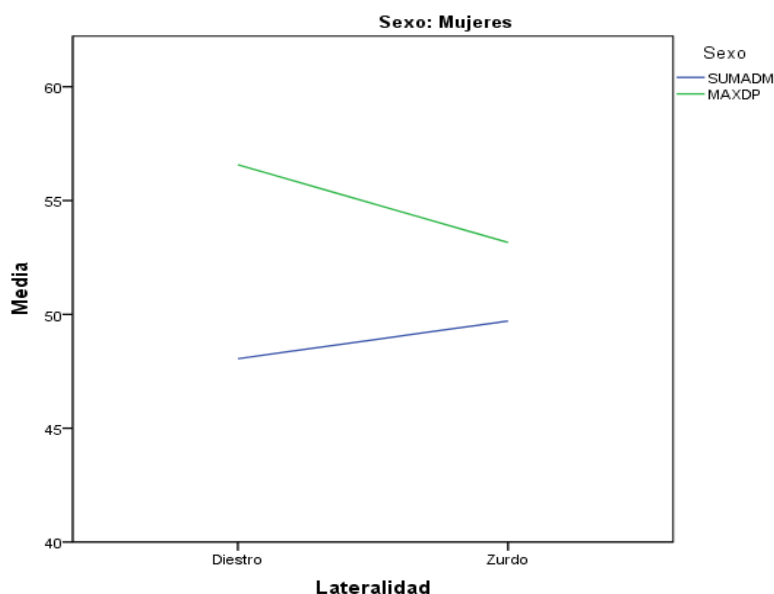


Figura 11. Relación fuerza manual y podal lateralidad en mujeres



Como se observa en la gráfica y en la tabla 6, las mujeres zurdas presentan una media más baja de dinamometría podal que las mujeres diestras, al contrario de lo que ocurre en la dinamometría manual y en la muestra de hombres.

En base a la normalidad de la variable en ambas categorías, se llevó a cabo un análisis de varianza de ANOVA. En los hombres, los resultados mostraron diferencias significativas entre las dos categorías de lateralidad para las variables: dinamometría manual izquierda, suma de las dinamometrias manuales y la dinamometría podal; siendo mayor en todos los casos en el grupo de los zurdos.

En las mujeres sólo se encontraron diferencias significativas en la dinamometría manual izquierda. Los valores de fuerza superiores del grupo de mujeres zurdas en la dinamometría manual derecha y en la suma de ambas no establecen diferencias

significativas. Tampoco es significativa la superioridad de la media de la fuerza podal de las mujeres diestras.

Esta diferencia de fuerza muscular entre zurdos y diestros también aparece al analizar, las diferencias existentes entre los valores de fuerza de la mano dominante y la no dominante. La variable de la diferencia entre la mano dominante y no dominante no sigue una distribución normal para el conjunto de observaciones. Al segmentar la población y compararlas se observa que los zurdos presentan un 30,77% menos de diferencia entre la mano dominante y la mano no dominante.

Diferencia mano dominante-no dominante:

Diestros:

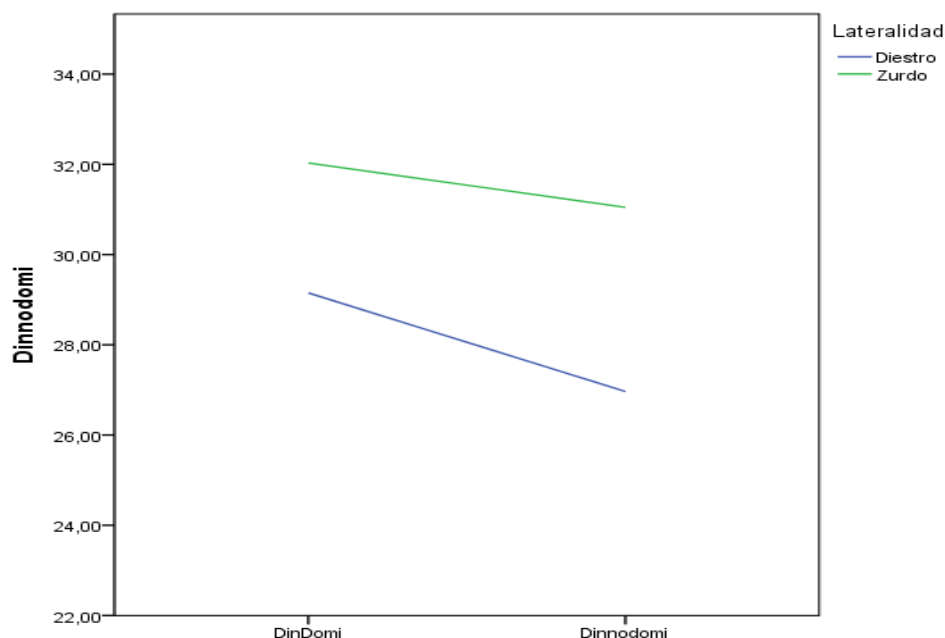
- $Me \pm IQR = 1,95 \pm 24,10$

Zurdos:

- $Me \pm IQR = 0,6 \pm 15,5$

Estas diferencias, menores en los zurdos, se reflejan en la figura 12.

Figura 12. Valores de fuerza en la mano dominante y la no dominante en diestros y zurdos.



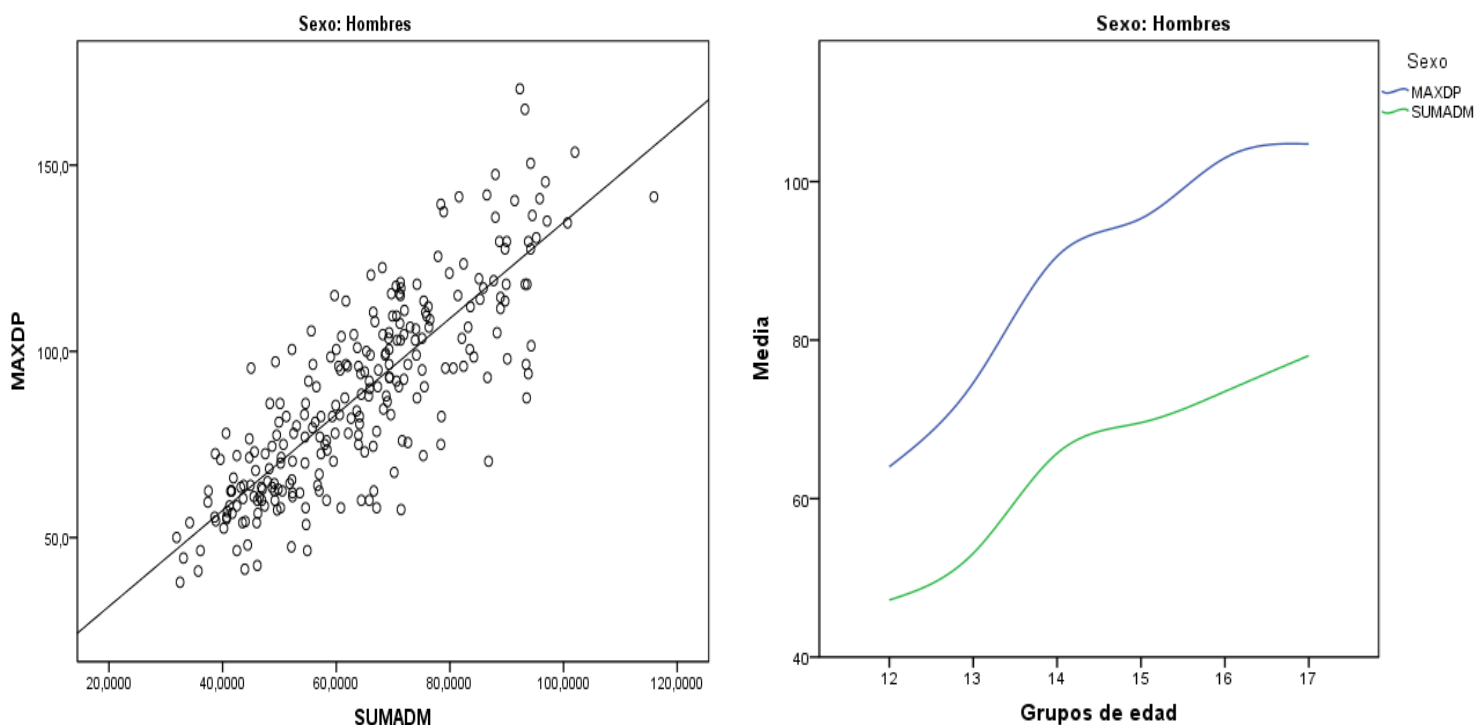
Relación fuerza isométrica máxima manual y podal:

Se evaluó la posible relación entre la fuerza muscular del tren superior y la del tren inferior. Para ello, se llevaron a cabo los análisis de correlación bivariada y regresión lineal, asumiendo previamente la no-normalidad de las variables a evaluar.

La población fue segmentada para llevar a cabo el análisis. En los hombres, como resultado de los análisis de correlación se obtiene que existe una fuerte correlación directa entre los valores de fuerza en el tren superior (para las tres variables) y en el inferior (Rho de Spearman $>0,8$). La fuerza máxima isométrica de las piernas mantiene una asociación fuerte (altamente significativa, $p < 0,001$) con la fuerza isométrica máxima manual. En base a esto, se llevó a cabo el análisis de regresión lineal que dejó en evidencia la dependencia entre ambas variables. Así, la fuerza máxima de ambas manos explica el 67,6% de la variabilidad de la dinamometría podal. De forma que por cada unidad de incremento de la fuerza manual, la podal aumenta 1,289. Así, el diagrama de dispersión (figura 13) refleja la fuerte asociación de ambas variables.

Recta de regresión: $y = 5,743 + 1,289x$.

Figura 13 y 14. Diagrama de dispersión y diagrama de líneas por grupos de edad: Dinamometría podal-Suma de las máximas dinamometrias manuales.

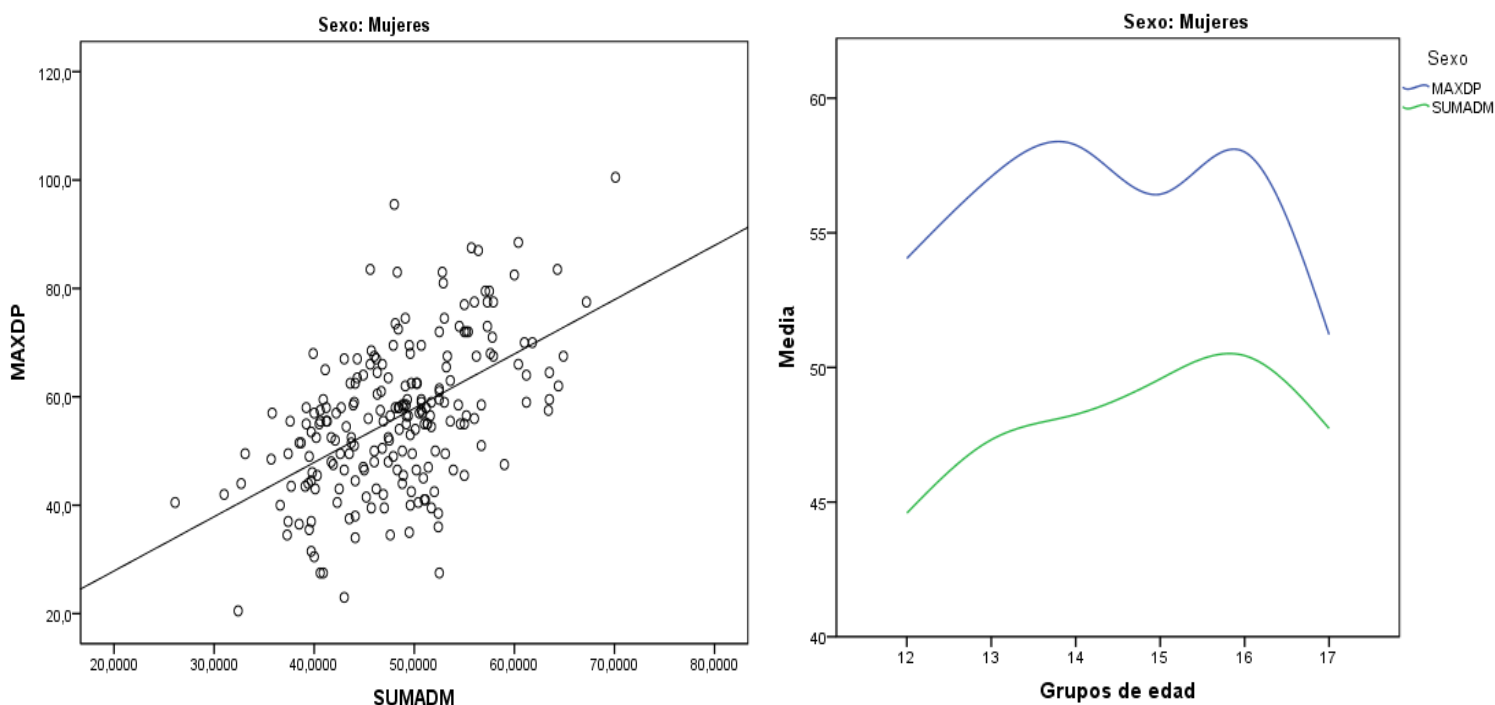


Las rectas de regresión correspondientes a la relación entre dinamometría podal y manual derecha e izquierda son: $Y = 6,406 + 2,484x$, $Y = 11,296 + 2,479x$

En el caso de las adolescentes, la correlación entre la fuerza isométrica máxima del tren superior y la fuerza isométrica máxima del tren inferior es moderada directa (ρ de Spearman $> 0,4$), siendo el contraste de hipótesis altamente significativo ($p < 0,001$). En base a esto, se llevo a cabo el análisis de regresión lineal cuyos resultados reflejan la asociación de regresión lineal entre las variables de fuerza manual y podal. Los resultados muestran que la suma de la fuerza máxima de ambas manos explica el 28,1% de la variabilidad de la dinamometría podal. Tanto la correlación como la regresión presentan coeficientes más débiles en mujeres que en hombres, con un nivel altamente significativo. Esto queda reflejado en el gráfico de dispersión (figura 15) con una nube de puntos más dispersa y alejada de la recta de regresión que en el caso de los hombres. Las rectas de regresión para las dinamometrías manuales derecha e izquierda y para la suma de ambas, son respectivamente: $Y = 8,015 + 1,926x$, $Y = 18,132 + 1,637x$, $y = 7,865 + 1,001x$.

En el gráfico de líneas (figura 16) puede apreciarse la asociación existente entre las dos variables, con una relación menos lineal y fuerte en todos los grupos de edad que en el caso de los hombres.

Figura 15 y 16. Diagrama de dispersión: Dinamometria podal-Suma de las máximas dinamometrias manuales.



Discusión:

Relación fuerza isométrica máxima manual y podal:

Uno de los objetivos del estudio ha sido analizar la posible relación entre la fuerza manual y la fuerza podal. Los resultados del presente estudio han verificado la hipótesis inicial de la existencia de una asociación significativa entre estas variables en ambos sexos.

La correlación entre la fuerza de los grupos musculares individuales del tren superior e inferior ha quedado en evidencia en aquellos estudios publicados en los que dicha relación ha sido evaluada. Los resultados del estudio publicado por Beenakker⁵⁰ et al, en donde también se compararon estas variables, muestran que las relaciones de la fuerza muscular podal con otras variables como edad, sexo y peso, se han mantenido para la mayoría de los grupos musculares. Este estudio, encontró un elevado coeficiente de correlación entre la fuerza del tren superior e inferior. Sin embargo, las diferencias de la magnitud de la asociación de estas variables entre hombres y mujeres, son menores que las encontradas en el presente estudio.

Esta diferencia entre el sexo femenino y el masculino, se da en todos los resultados a lo largo del estudio. Al margen de todos los factores que intervienen en las diferencias entre hombres y mujeres a lo largo del desarrollo puberal, el que los resultados del sexo femenino sean menos homogéneos y comparables con otros estudios, puede deberse en parte al diferente grado de implicación que las chicas manifestaron durante la recogida de datos. Estas diferencias de motivación del sexo femenino respecto al masculino a la hora de enfrentar las medidas, puede haber influido en el menor grado de asociación que, en su caso, los valores de la dinamometría podal y manual mantienen con el resto de variables. Este hecho, queda reflejado en las diferencias encontradas con los valores de referencia de estudios publicados en poblaciones similares; y que resultan mayores en mujeres que en hombres. Ha ocurrido en mayor medida en la dinamometría podal, en la que la implicación del sexo femenino fue menor que en la dinamometría manual.

La fuerza y la resistencia muscular son específicas para cada grupo muscular. Sin embargo, las diferencias existentes entre cada uno de ellos podrían ser mayores en población adulta donde la fuerza muscular está más relacionada con el entrenamiento y las actividades realizadas diariamente que en población adolescente. En niños

prepúberes, el desarrollo de fuerza muscular está más relacionado con la activación neuromuscular y la coordinación que con la hipertrofia muscular. Es a lo largo de la adolescencia y cuando se alcanza la maduración sexual (se completa la mielinización de las fibras nerviosas motoras), cuando se suceden los cambios que dan lugar a la obtención de un rendimiento muscular adecuado. Así, el entrenamiento no incide en el aumento de la fibra muscular y en el aumento de la fuerza máxima de la misma manera en el niño y/o adolescente que en el adulto ^{14,27,29}. Esto puede influir, en que en la población adolescente ambas variables de fuerza mantengan una correlación fuerte y una dependencia lineal elevada, descrita especialmente en hombres.

Existe una correlación significativa entre la fuerza manual y la podal para todos los grupos de edad, siendo el grado de asociación más cambiante a lo largo de los años en el sexo femenino por las razones comentadas anteriormente. Además, el importante descenso en los valores, tanto de dinamometría manual como podal, en el último grupo de edad, puede deberse al pequeño tamaño muestral de dicho grupo y a la heterogeneidad del mismo.

En general se admite, que para medir la fuerza de todos los grupos musculares, no es suficiente realizar una prueba aislada. La valoración de la fuerza muscular de un individuo debiera incluir la evaluación de la fuerza de los miembros superiores, los músculos abdominales y los miembros inferiores. En este caso, la valoración única de las dinamometrías manuales no aporta por sí sola información concluyente sobre la fuerza muscular del individuo. En la valoración de la fuerza muscular de poblaciones de niños y adultos, debiera incluirse pruebas en régimen estático y pruebas que aporten información sobre el rendimiento dinámico; como es, la fuerza explosiva. Esto se ha llevado a cabo en diversas baterías de pruebas para valorar la condición física ^{17,46-48}. Éstas y otros estudios publicados ⁵¹⁻⁵² hasta el momento sobre fuerza muscular incluyen el estudio de la fuerza estática isométrica máxima en el tren superior y la fuerza explosiva en el tren inferior. Se debe, a que se considera en general, que en las piernas el rendimiento dinámico y el nivel de actividad física están más relacionados con la fuerza explosiva que con la fuerza isométrica máxima ^{37,46}. Sin embargo, puede ser útil, utilizar este tipo de medidas conjuntas en ciertos grupos de población en los que la pérdida o ganancia de fuerza se mide como indicador de salud, en deportistas o para

analizar diferencias entre distintos grupos musculares y relacionarlos con variables de edad, sexo, IMC, etc.

Valores de fuerza en relacion con otros estudios:

El estudio Avena (2005)¹⁷ ha establecido unos valores de referencia de condición física a partir de una muestra de adolescentes españoles (n=2.859). Entre estos valores se encuentran aquellos que se obtienen de valorar la fuerza isométrica máxima mediante una dinamometría manual. En los varones, por debajo del P₅₀, el presente estudio ha obtenido valores más bajos de fuerza manual (suma de ambas manos) que el estudio Avena para los grupos de edad de 14 a ≥ 17 . Sin embargo, a partir del P₅₀, los valores de dinamometría manual son superiores a los del estudio publicado. De cualquier forma, las diferencias no son amplias hasta el P₁₀₀ en el que sí están acentuadas.

Las mujeres, presentan en general valores de fuerza manual menores que los obtenidos en el estudio Avena por debajo del P₆₀, y mayores por encima de ese percentil. El rango de edad de mayor coincidencia en el sexo femenino es de los 14 a los 16 años, en el que las diferencias son pequeñas. En cualquier caso, las diferencias con el estudio Avena no son amplias para ninguno de los dos sexos.

En el caso del estudio llevado a cabo por Marrodán et al.⁴⁹ los valores de media de la dinamometría derecha e izquierda para cada uno de los grupos de edad, son menores que los obtenidos en este estudio, exceptuando el último grupo de edad en mujeres. Las diferencias existentes no son amplias.

En Europa se ha llevado a cabo un estudio posterior⁵² con la misma metodología que el Avena, para valorar los niveles de condición física de una población de adolescentes. Los valores para la dinamometría manual en este estudio en los distintos grupos de edad para hombres y mujeres son menores que en el estudio Avena. En los hombres las diferencias se incrementan con la edad mientras que en las mujeres mantienen prácticamente la misma diferencia en todos los grupos. En un estudio realizado en adolescentes ingleses⁵¹ en los que se evaluó la fuerza máxima isométrica manual, los valores fueron similares a los obtenidos en este estudio; sin que las diferencias resulten significativas para ninguno de los dos sexos.

Fuerza muscular, edad y sexo:

Otro de los objetivos del estudio era evaluar la relación entre la fuerza muscular manual y podal con las variables de edad, sexo e IMC.

En la muestra hay más varones que mujeres, lo que puede haber influido en el hecho de que los resultados de los hombres resulten en general, más regulares y concordantes con otros estudios que en el caso de las de las mujeres. A la homogeneidad de la muestra contribuye sin embargo, que la media de edad en ambos grupos equidiste tan solo por 0,04 puntos.

Los valores de fuerza muscular son superiores en hombres que en mujeres como se preveía en la hipótesis inicial. Esta superioridad en las dinamometrias manuales y podales, ya había sido analizada por otros estudios con los mismos resultados^{17,49-52}. La edad a la que las diferencias se hacen significativas varía entre los diferentes estudios situándose desde los 11⁵¹, 12¹⁷, 13, 14⁵⁰. En el presente estudio, varía entre la fuerza podal y manua, siendo de 12 años en el primer caso y de 13 en el segundo.

Las diferencias en los valores de fuerza entre hombres y mujeres se atribuyen a diversas causas como factores genéticos, de composición corporal y hormonales. Estos últimos tienen una gran influencia debido a su efecto sobre la composición corporal. Las mujeres producen de 10 a 20 veces menos testosterona que los hombres. Esta hormona es la principal hormona glucocorticoide y actúa sobre la masa muscular. En cambio, las mujeres poseen mayores niveles de estrógenos que actúan sobre el tejido adiposo.

Los factores ambientales juegan también un papel fundamental. Uno de ellos es la diferencia existente en los niveles de actividad física entre hombres y mujeres que han dejado entrever los últimos estudios publicados en España y Europa³⁰⁻³⁴

Además, aún podría tener influencia la existencia de deportes o tareas estereotipados²⁵⁻²⁶. Así, el último estudio español sobre los hábitos deportivos y la actividad física en la población juvenil española, reportó la existencia de esta tendencia y su influencia en la actividad física y en el tipo de deporte que con más frecuencia se realiza en cada sexo³⁰. En relación a esto, llama la atención el hecho de que durante la recogida de datos, la mayor parte de los chicos se esforzaban y motivaban mostrando un carácter competitivo en las dinamometrías, mientras que en el caso de las chicas existía una mayor preocupación por la imagen corporal en relación al peso y la talla.

En concordancia con otros estudios recientes^{17,49-52} los valores de fuerza muscular aumentan con la edad como se aprecia en la tabla 4 y en las figuras 1-4. Sin embargo los cambios no son equitativos entre hombres y mujeres. Así tanto el estudio Avena⁴¹ como el estudio publicado por Marrodán⁴⁹, muestran oscilaciones en los valores de fuerza en las mujeres y un aumento mas o menos gradual en los hombres.

Los saltos entre los grupos de edad tampoco son equitativos. En los varones el estudio actual, coincide en señalar el punto de mayor ganancia de fuerza muscular como el paso entre los 13 y los 14 años, al igual que los estudios anteriormente comentados y en concordancia con el estirón puberal. En las mujeres, el mayor salto se produce entre los 12 y los 13 años, coincidiendo con un brote de crecimiento más temprano que puede iniciarse a los 8 años. En este estudio, la edad inicial elegida, limita la observación de si la mayor ganancia de fuerza muscular en mujeres se produce de forma temprana a esta edad en coincidencia con el brote puberal.

Fuerza muscular e IMC:

Los hombres y mujeres también se diferencian en el IMC, variable que se relaciona con un mayor o menor desarrollo muscular.

El criterio⁵³⁻⁵⁴ escogido en este estudio para establecer los puntos de corte de las cuatro categorías: bajo peso, normopeso, sobrepeso y obesidad, obedece a su adecuación a la muestra seleccionada y a la actualidad con la que han sido revisados dichos criterios. Una vez establecidos estos puntos de corte, la prevalencia en la muestra de sobrepeso y obesidad se sitúa por debajo de lo obtenido en otros estudios realizados en España^{17,57,58}. Sin embargo, las cifras de sobrepeso se acercan a las establecidas por estos estudios y concuerdan en situar a los varones con una prevalencia de sobrepeso y obesidad mayor que las mujeres. A diferencia del estudio Avena (2005), los hombres presentaban mayor porcentaje de “Bajo Peso” que de “Obesidad” mientras que en las mujeres ocurre justo lo contrario. En cualquier caso, la muestra resulta demasiado pequeña para establecer conclusiones sobre cifras de prevalencia.

El IMC sí parece tener una relación directa con la fuerza muscular como muestran los resultados del estudio. Se ha encontrado una asociación significativa entre ambas variables tanto en hombres como en mujeres.

La correlación y la asociación lineal son más fuertes en el sexo masculino que en el femenino.

En los hombres se produce un aumento de la fuerza manual y podal a medida que aumenta el IMC confirmando la hipótesis inicial. El mayor incremento de la media de la fuerza podal en hombres se produce en el grupo de obesos. Sin embargo, las diferencias entre grupos consecutivos no son significativas y el contraste de hipótesis acepta la H_0 de igualdad de medias entre el bajo peso, el normopeso y el sobrepeso para la dinamometría podal. En cambio, en el estudio Avena, sí se encontraron diferencias significativas entre grupos consecutivos con un incremento de la media de fuerza manual en cada categoría de IMC. Esto fue así, excepto para el grupo de obesos.

Como predecía la hipótesis inicial, en las mujeres la asociación entre IMC y fuerza no presenta la misma magnitud que en los hombres. Así, el grupo de sobrepeso presenta menor fuerza manual y podal que el grupo de normopeso. El contraste de hipótesis (ANOVA) considera que no existen diferencias entre las medias para los valores de fuerza podal en los grupos de normopeso, sobrepeso y obesidad. A diferencia de estos resultados, en el estudio Avena se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos y siempre debidas a incrementos de fuerza manual por cada “salto” de categoría de IMC.

Las diferencias existentes entre hombres y mujeres en el presente estudio podrían explicarse por la existencia en el sexo masculino de una asociación entre IMC y masa muscular, que explicase el mayor desarrollo de fuerza muscular unido a este incremento de IMC. Sin embargo, las diferencias no son significativas entre grupos y el presente estudio presenta la limitación de no disponer de datos del componente magro que según han publicado otros estudios, presenta una mejor correlación con el IMC⁴⁹.

Los resultados del estudio Avena llevaron a los autores a señalar⁵⁵ la posibilidad de que el grupo de Bajo Peso no solo posea menor masa y porcentaje graso sino también menor masa libre de grasa, lo que explicaría los menores valores de fuerza manual y podal en este grupo.

Por otro lado, en relación a los mayores valores de fuerza en los grupos de sobrepeso y obesidad se ha sugerido que el exceso de masa grasa, conduzca a una mejora en el rendimiento de la masa libre de grasa para soportar esa carga de masa grasa.

En cualquier caso, el presente estudio presenta la limitación de la ausencia de datos sobre la masa grasa y la masa magra que pudieran explicar los resultados de la asociación entre fuerza e IMC, ajustando la población según las variables de composición corporal. Tanto el estudio Avena¹⁷ como otros estudios publicados⁵¹ han mostrado sin embargo que las diferencias entre ambos sexos no pueden ser explicadas enteramente por las diferencias en la composición corporal del sexo masculino y femenino.

Fuerza muscular y lateralidad:

Otra de las variables de estudio en relación a la fuerza muscular manual y podal ha sido la lateralidad.

En contra de la hipótesis inicial, los zurdos presentan más fuerza que los diestros. Esta superioridad se presenta además también en el caso de los hombres en la dinamometría podal; lo que apoya los resultados de la fuerte correlación en hombres entre los músculos del tren superior y los músculos del tren inferior. En el caso de las chicas, los resultados en la dinamometría podal pueden estar influidos por la diferencia de predisposición en hombres y en mujeres en la dinamometría podal; hecho que también se ha visto en la correlación y asociación lineal más baja entre la fuerza manual y podal. Marrodán et al, a diferencia de los resultados encontrados, encontraron valores de media superiores para todos los grupos de edad en hombres y en mujeres en el grupo de sujetos diestros.

Häger-Ross y Rösblad⁵⁶ (2002) expusieron la posibilidad de que la sociedad estuviese mejor diseñada para responder a las necesidades de los diestros obligando a los zurdos a adaptarse; teniendo como consecuencia, un mayor desarrollo muscular.

Además, la superioridad numérica de diestros frente a zurdos hace que desde pequeños los padres, de forma involuntaria, tiendan a desarrollar más la parte derecha que la zurda.

La autora utiliza este argumento para defender el hecho de que los zurdos no sólo presenten mayor fuerza muscular, tanto manual como podal, sino que además la diferencia de fuerza muscular entre la mano dominante y la mano no dominante es

menor en los zurdos que en los adolescentes diestros. Este hecho, ha sido confirmado en nuestro estudio.

En cualquier caso, el grupo de zurdos presenta un tamaño muestral mucho menor que el de los diestros lo que puede haber influido en los resultados.

Conclusiones:

La fuerza de los grupos musculares de los miembros superiores está fuerte correlacionada con la de los miembros inferiores. Su estudio, puede resultar útil para detectar cambios en la ganancia o pérdida de fuerza de grupos musculares en ciertas enfermedades, grupos poblaciones con características específicas y en poblaciones de deportistas.

La fuerza muscular manual y podal es mayor en hombres que en mujeres. En las diferencias entre el sexo femenino y masculino intervienen varios factores de tipo genético y de constitución, pero también factores ambientales que afectan al crecimiento y al desarrollo.

La fuerza muscular aumenta a medida que lo hace la edad. Los períodos de mayor incremento coinciden con el brote puberal y con las etapas de mayor ganancia de estatura y peso.

La fuerza muscular a lo largo del crecimiento y el desarrollo está asociado a cambios puberales aumentando el dimorfismo sexual en esta etapa. Las diferencias de fuerza muscular empiezan a ser significativas a partir de los 12-13 años.

El análisis de la asociación entre la fuerza muscular y el IMC requiere incorporar medidas de adiposidad y/o de composición corporal que permitan ajustar las muestras de hombres y mujeres. La mayor fuerza en grupos de mayor IMC puede estar asociado a un mayor rendimiento del componente magro como método compensatorio del exceso de grasa. El dimorfismo sexual en esta asociación no se explica solo por las diferencias de composición corporal.

Los zurdos tienen mayor fuerza muscular que los diestros. Este hecho afecta tanto a los grupos musculares de los miembros superiores como de los miembros inferiores. Las diferencias entre la mano dominante y no dominante son menores en los zurdos por una posible necesidad de adaptación al medio.

Bibliografía:

- 1- Organización Panamericana de la Salud .Salud del Adolescente .OPS/OMS Washington.1995.P.
- 2- Dulanto Gutierrez E. Crecimiento y desarrollo en la pubertad. En: Dulanto Gutierrez E. Asociación mexicana de pediatría, editores. *El Adolescente*. 1ª Ed Mexico: McGraw-Hill Interamericana; 2000.
- 3- Redondo Figuero C, García Fuentes M. El campo de la medicina del Adolescente. En: Figuero CR, Muñoz GG, Fuentes MG, editores. *Atención al adolescente*. 1ª Ed Santander: Universidad de Cantabria; 2008.
- 4- Alonso Franch M. Crecimiento y desarrollo: una visión integral. En: Majem LS, Bartrina JA, Rodríguez-Santos F. *Crecimiento y desarrollo: Estudio Enkid*. 1ª Ed Barcelona: Masson; 2003.
- 5- Sánchez E, Carrascosa A, Fernández JM, et al. Estudios españoles de crecimiento: situación actual, utilidad y recomendaciones de uso. *An Pediatr (Barc)*. 2011; 74(3):193.e1—193.e16
- 6- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, et al. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Parte II: valores de talla, peso e índice de masa corporal desde el nacimiento a la talla adulta. *An Pediatr (Barc)*. 2008; 68(6):552-69
- 7- World Health Organization. WHO Child Growth Standards: Length/Height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: Methods and development. Geneva: World Health Organization; 2006.
- 8- Hernández M, Sobradillo B. Aguirre A, et al. Estudios longitudinal y transversal. Curvas y tablas de crecimiento. Bilbao: Fundacion Faustino Orbegonzo Eizaguine; 2004; 1 -31
- 9- Carrascosa A, Fernández JM, Fernández C, et al. Estudio transversal español de crecimiento 2008. Barcelona. Pfizer. Ed Hercu. 2008.

- 10- Carrascosa A, Fernández JM. Estudios españoles de crecimiento 2010; 1-46
- 11- Carrascosa A, Fernández A. Estudio longitudinal español de crecimiento 1978/2000. Barcelona 2010.
- 12- Linares D, Rodríguez L. Crecimiento y desarrollo. En: Guillén del Castillo M, Linares D, editores. *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano*. 1ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2011.
- 13- Casajús JA. Actividad física en niños. En: Márquez S, Garatachea N, directoras. *Actividad física y salud*. 1ª Ed: Diaz de Santos; 2009.
- 14- López J. Aspectos fisiológicos del ejercicio físico en la edad infantil. En: López J, Fernández A, editores. *Fisiología del ejercicio*. 3ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2006.
- 15- Cole TJ, Faith MS, Pietrobelli A, Heo M. What is the best measure of adiposity change in growing children: BMI, BMI %, BMI z-score or BMI centile? *European Journal of Clinical Nutrition* (2005) 59, 419–425
- 16- Hunt LP, Ford A, Sabin MA, et al. Clinical measures of adiposity and percentage fat loss: which measure most accurately reflects fat loss and what should we aim for? *Arch Dis Child* 2007;92:399–403
- 17- Francisco B. Ortega, Jonatan R. Ruiz. Bajo nivel de forma física en los adolescentes españoles. Importancia para la salud cardiovascular futura (Estudio Avena). *Revista Española de Cardiología*. 2005; 58(8): 898-909.
- 18- Martínez Gomez D, Veses A, Marcos A, et al. Sedentarismo, adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en adolescentes. Estudio AFINOS. *Revista Española de Cardiología*. 2010; 63(3): 277-285.
- 19- T. Lobstein, L. Baur .Obesity in children and young people: a crisis in public health. *obesity reviews* (2004) 5 (Suppl. 1), 4–85
- 20- Gonzáles Badillo JJ. La fuerza en relación con el rendimiento deportivo. En: González-Badillo, JJ, Ribas J. *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. 1ª Ed Barcelona: INDE. 2002.
- 21- Fernández A. Consumo de oxígeno. Concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En:

- López-Chicharro J, Fernández A. *Fisiología del ejercicio*. 3ª Edición Buenos Aires; Madrid: Médica panamericana. 2006.
- 22- Casajús JA, Navajas R. Fisiología de la actividad física en el niño. Diferencias niño adulto. En: Guillén del Castillo M, Linares D, editores. *Bases biológicas y fisiológicas del movimiento humano*. 1ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2011.
- 23- McComas AJ, Sica RE. Muscle strength in boys of different ages. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*. 1973; 36: 171-173.
- 24- Barbany JR. El músculo: estructura y función. En: Barbany JR. *Fundamentos de fisiología del ejercicio y del entrenamiento*. 1ª Ed Barcelona: Barcanova. 1990
- 25- Moreno V. Estereotipos y deporte femenino. La influencia del estereotipo en la práctica deportiva de niñas y adolescentes. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 1999
- 26- Papalia DE, Wendkos S. Desarrollo Psicosocial en la adolescencia. En: Papalia DE, Wendkos S, Duskin R. *Psicología del desarrollo. De la infancia a la adolescencia*. 9ª Ed México: McGraw-Hill; 2002.
- 27- Bertolano F, Gramajo R. Desarrollo de la fuerza muscular con sobrecarga en niños prepúberes. “Una mirada desde el entrenamiento y desde la teoría”. Universidad Abierta Interamericana. 2004. 1-64.
- 28- González JJ, Gorostiaga E. Fundamentos biológicos sobre el desarrollo y la manifestación de la fuerza. En: González JJ, Gorostiaga E. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. 3ª Ed Barcelona: INDE. 2002.
- 29- Jeffrey A. Guy, MD and Lyle J. The effects of strength training and detraining on children. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001; 9:29-36
- 30- Los hábitos deportivos de la población escolar española. CSID. 2011; 1-130
- 31- Åse Sagatun, Elin Kolle. Three-year follow-up of physical activity in Norwegian youth from two ethnic groups: associations with socio-demographic factors. *BMC Public Health* 2008, 8:419: 1-9
- 32- Cordente CA, García P. Relación del nivel de actividad física, presión arterial y adiposidad corporal en adolescentes madrileños. *Rev Esp Salud Pública* 2007; 81: 307-317

- 33- Riddoch CJ, Mattocks C. Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Arch Dis Child* 2007;92:963–969.
- 34- Ruiz JR, Ortega FB, et al. Health-related fitness assessment in childhood and adolescence: a European approach based on the AVENA, EYHS and HELENA studies. *J Public Health*. 2006.
- 35- Legido JC. Influencia de la actividad física en el crecimiento y el desarrollo. En: Marín B, coordinador. *Actividad física y deporte durante el crecimiento*. 1ª Ed Oviedo: Universidad de Oviedo. 1995.
- 36- García-Artero E, Ortega FB. El perfil lipídico-metabólico en los adolescentes está mas influido por la condición física que por la actividad física (estudio AVENA). *Rev Esp Cardiol*. 2007; 60(6): 581-8
- 37- Heyward. Evaluación de la aptitud muscular. En: Heyward. *Evaluación de la aptitud física y Prescripción del ejercicio*. 5ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2008.
- 38- González-Badillo JJ, Izquierdo M. Fuerza Muscular: concepto y tipos de acciones musculares. En: López J, Fernández A. *Fisiología del ejercicio*. 3ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2006.
- 39- González-Badillo JJ, Izquierdo M. Valoración de la fuerza. En: López J, Fernández A, editores. En_ J.Lopez Chicharro, A. Fernández Vaquero. *Fisiología del ejercicio*. 3ª Ed Madrid: Médica Panamericana. 2006.
- 40- Abernethy P, Wilson G, Logan P. Strength and power assessment. Issues, controversies and challenges. *Sports Medicine*. 1995; 19(6): 401-417
- 41- Martínez E, Carrasco L. Perfil antropométrico, somatotipo, composición corporal y dinamometría manual en jóvenes jugadores de alto nivel de tenis de mesa. *Actividad física y deporte: Ciencia y Profesión*. 2009; 10: 55-60.
- 42- Pérez JL, Gil-Campos M, et al. Influencia de la fuerza muscular isométrica de las extremidades superiores en el estrés oxidativo en niños. *Revista internacional de ciencias del deporte*. 2011; 7 (22) 48-57
- 43- Wessel J, Kaup C. Isometric Strength Measurements in Children with Arthritis: Reliability and Relation to Function. *Arthritis Care and Research*. 1999; 12(4): 238-246

- 44- Merckies ISJ, Schmits JP, Toyka KV. Assessing grip strength in healthy individuals and patients with immune-mediated polyneuropathies. *Muscle&Nerve*. 2000; 23: 1393-1401.
- 45- Di Monaco M, Manca M. Cavanna A. Handgrip Strength is an Independent Predictor of Distal Radius Bone Mineral Density in Postmenopausal Women. *Clin Rheumatol*. 2000; 19. 473-476.
- 46- Ferrán A. Rodríguez, Narcís Gusi. Valoración de la condición física saludable en adultos (I): Antecedentes y protocolos de la batería AFISAL-INEFC. *Educación Física y Deportes*. 1998; 52: 54-77
- 47- Ruiz JR, España V. Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes. *Nutr Hosp*. 2011;26(6):1210-1214
- 48- Eurofit: Batería de test para la valoración de la condición física. 2009.
- 49- Marrodán JF. Romero C. Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal. *Anales de Pediatría*. 2009; 70(4): 340-348.
- 50- Beenakker EAC, van der Hoeven JH, Fock JM. Reference values of maximum isometric muscle force obtained in 270 children aged 4-16 years by hand-held dynamometry. *Neuromuscular disorders*. 2001; 11: 441-446
- 51- Cohen DD, Voss C, Taylor MJD. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Pediatric*. 2012; 99: 1065-1072
- 52- Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR. Physical fitness levels among European adolescents: the Helena study. *J Sports Medicine*. 2011; 45: 20-29
- 53- Cole TJ, Bellizzi M. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000; 320: 1-6
- 54- Cole TJ, Flegal KM. Body mass index cut offs to define thinness in children and adolescents: international survey. *BMJ*. 2007; 1-8
- 55- Artero EG, España V. E. G. Artero1, V. España-Romero Health-related fitness in adolescents: underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in sports*. 2009; 1-10.

- 56- Häger-Ross C, Rösblad B. Norms for grip strength in children aged 4–16 years. *Acta pediatrica*. 2002; 91: 617-625
- 57- Serra L, Ribas L, Aranceta J, et al. Obesidad infantil y juvenil en España. Resultados del Estudio enKid (1998-2000). *Med Clin*. 2003;121(19):725-32
- 58- Agencia española de Seguridad Alimentaria, coordinadora. Estudio de prevalencia de obesidad infantil “Aladino”. 2011

Anexo:

Hoja de recogida de datos

Fecha recogida datos (día/mes/año):

Fecha de nacimiento (día/mes/año):

Sexo: Hombre / Mujer

Lateralidad: Diestro / Zurdo

Número de suspensos última evaluación:

	Peso (kg)	Talla (cm)
Primera toma		
Segunda toma		

Dinamometría manual (Kgf)	Mano derecha	Mano Izquierda
Primera toma		
Segunda toma		
Tercera toma		

Dinamometría podal (Kgf)	
Primera toma	
Segunda toma	
Tercera toma	

Cooximetría (ppm):

Observaciones:

